

# MANEJO AGRONÓMICO MEDIANTE SERIES TEMPORALES DE IMÁGENES DE SATÉLITE.

## ACCESO A ESTAS IMÁGENES EN LA ESPAÑA PENINSULAR: PROYECTO SPIDER CENTER.

Alfonso Calera y Jesús Garrido  
Teledetección y SIG. Universidad de Castilla La Mancha

CENTER, JORNADA TÉCNICA  
18 de NOVIEMBRE de 2015.





**¿Cómo se  
desarrolla el  
cultivo?**

**Cuánta agua  
necesita?**

**... la semana que  
viene**

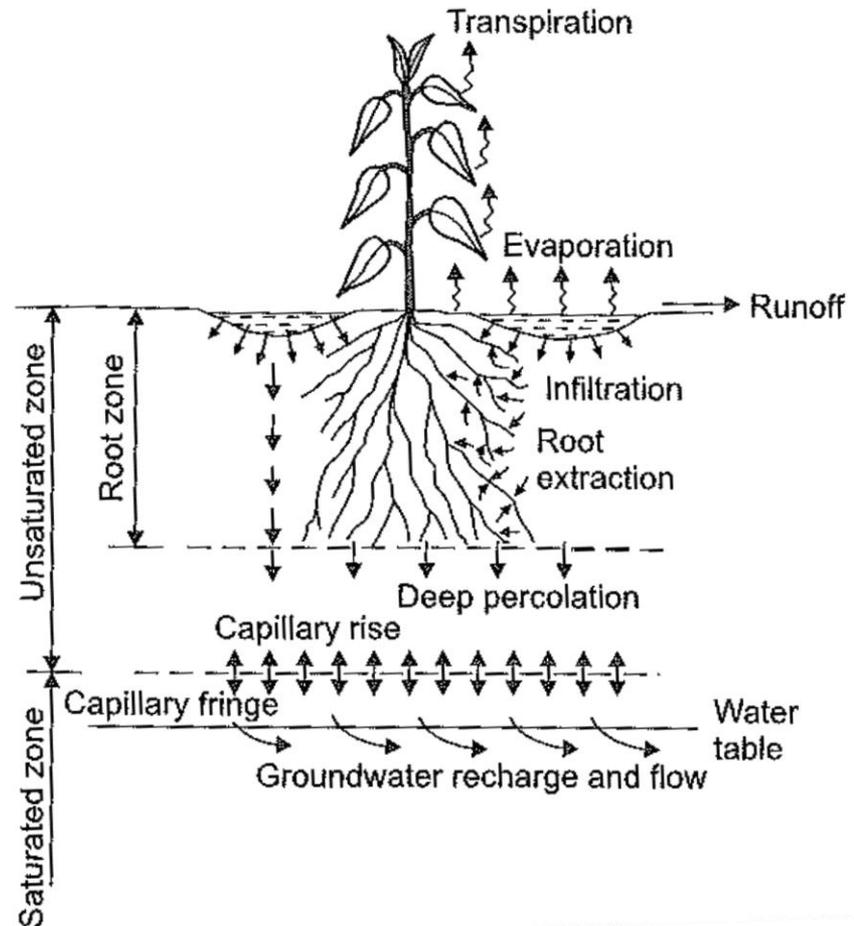
# Teledetección para el manejo agronómico

<b>Oportunidad de la imagen:</b> Adquisición y entrega en tiempo real	Glovis (USGS + NASA) ESA webportal Otros operadores.....	ortorectificación + corrección radiométrica y atmosférica
<b>Frecuencia:</b> Hacia una imagen por semana (sin nubes)	Secuencias temporales densas: Constelación Multisensor	multisensor normalización
<b>Resolución espacial:</b> Suficiente para identificar variabilidad intraparcelaria	<b>Landsa8 (30 m)</b> <b>Sentinel2a (10 m)</b> WV2 (1 m), RapidEye (5 m) Deimos, DMC (22 m) Drones (... cm)	<b>Libre, sin coste</b>  Comercial
<b>Valor añadido en los productos</b>	<b>Entrega a usuarios finales mediante sistemas webGIS</b>	

# ¿Cuánta agua necesita?

Consumo de agua por  
el cultivo, CWR

Necesidades de  
Riego, IWR



## Metodología basada en teledetección

Imágenes de satélite, aeroportadas,...

Modelos de Balance de Energía en Superficie requieren temperatura de la superficie

Kc-ET<sub>o</sub> FAO56  
FAO66  
Coeficiente de cultivo basal basado en reflectividad espectral

Modelos de resistencias

**ET, Evapotranspiración Actual:  
Consumo de agua de los cultivos**

Precipitación,

**Necesidades de agua de riego**

Humedad del Suelo, Percolación

# Evapotranspiración: Kc-ETo metodología

$$\lambda ET = \frac{\Delta (Rn - G) + \rho c \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

Ecuación Penman-Monteith

$$ET = K_s K_c ET_o = (K_s K_{cb} + K_e) ET_o$$

Aplicación en dos pasos  
de la ecuación P-M  
(Doorembos and Pruitt, 1977)  
(Jensen et al., 1990) (Allen et al.,  
1998) FAO56, FAO66

*ET<sub>o</sub>*, evapotranspiración de referencia, demanda evaporativa de la atmósfera: [FAO56] *[se calcula desde datos meteorológicos]*  
“un cultivo de referencia ideal con una altura de 0.12 m, una resistencia de superficie de 70 s m<sup>-1</sup> y un albedo de 0.23”

# Evapotranspiración: Kc-ETo metodología

$$ET = (K_s K_{cb} + K_e) ET_o$$

$K_{cb}$  COEFICIENTE DE  
CULTIVO BASAL

Valores tabulados adaptados  
a las condiciones locales

$K_s$ : COEFICIENTE DE ESTRÉS  
HÍDRICO calculado mediante un  
balance de agua en el suelo  
explorado por las raíces

$K_e$ : COMPONENTE  
EVAPORATIVA DEL SUELO  
DESNUDO calculado mediante  
un balance de agua en la  
superficie del suelo

**Coefficiente de cultivo basal,  $K_{cb}$** , el ratio de la transpiración de un cultivo en ausencia de estrés sobre la evapotranspiración de referencia. Análogo a un coeficiente de transpiración.

$K_{cb} ET_o$  representa la **transpiración máxima** de una cubierta en ausencia de estrés

$K_s K_{cb} ET_o$ , representa la **transpiración real** de una cubierta

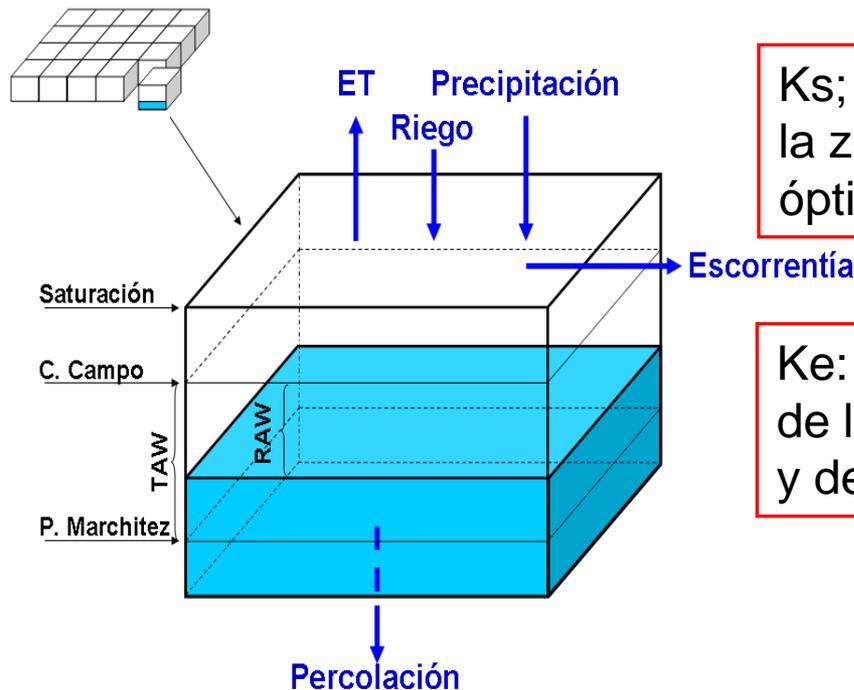
$K_e ET_o$ , es la **evaporación** desde la fracción de suelo desnudo.

# Integración del coeficiente de cultivo basal derivado de la reflectividad en el procedimiento Kc-ET<sub>o</sub> (FAO56)

$$ET = (K_s K_{cb} + K_e) ET_o$$

$$K_{cb}^* = 1.44 \cdot NDVI - 0.1$$

$K_{cb}^*$  “espectral” coeficiente de cultivo basal [0.15 – 1.15],  
NDVI, calculado para las bandas TM y ETM+. [Valores típicos: suelo desnudo 0.12-0.16; máximo NDVI para vegetación verde muy densa, 0.91]

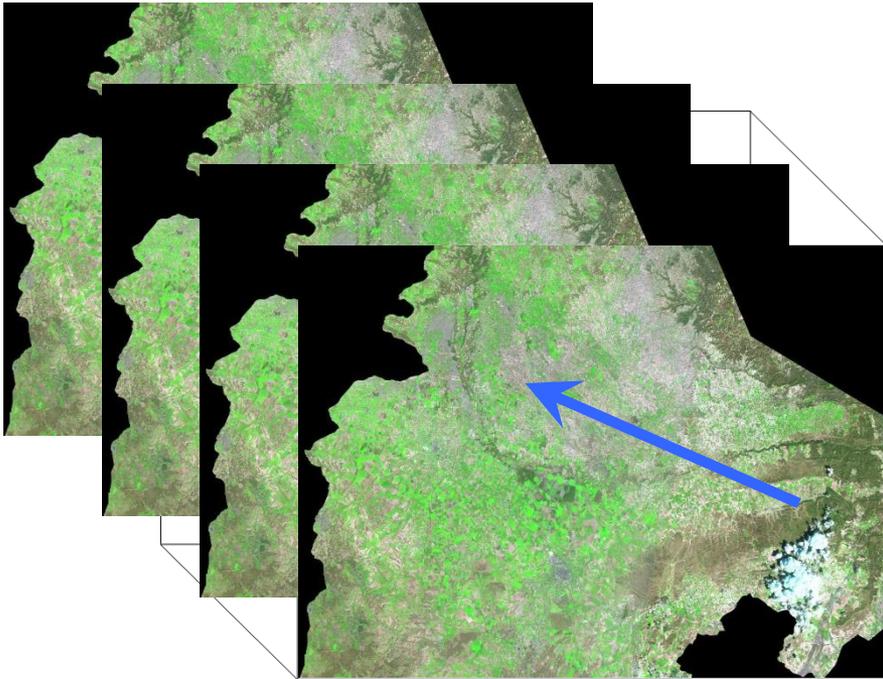
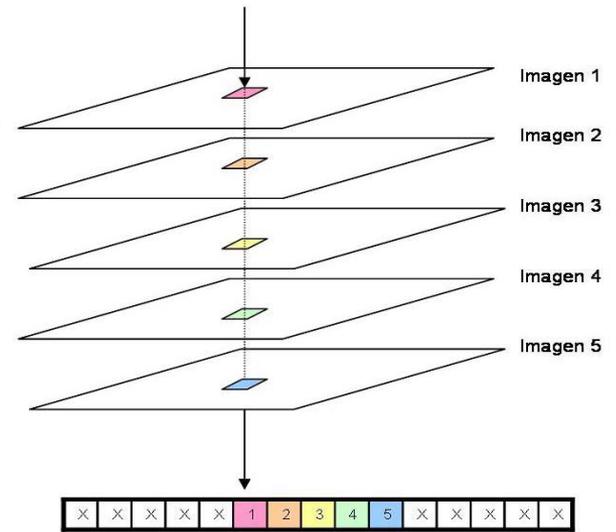


$K_s$ ; Depende del contenido de humedad en la zona de raíces;  $\leq 1$ . En condiciones óptimas, esto es, sin estrés, vale 1

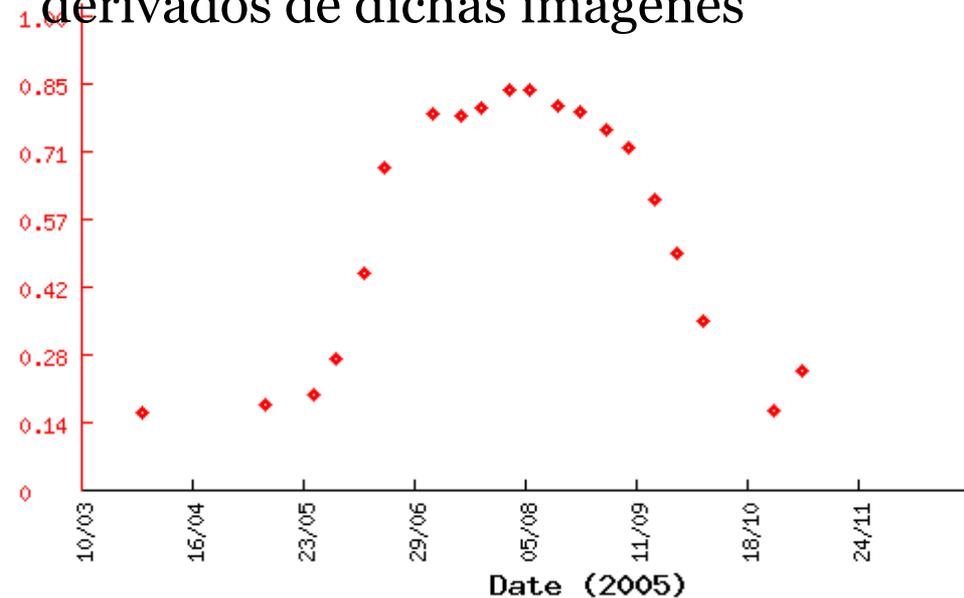
$K_e$ : Depende del contenido en humedad de la capa superior del suelo, ~ 10-15 cm, y de la fase de secado

# Seguimiento mediante secuencias temporales

- Series temporales de imágenes describen la evolución temporal de los cultivos a lo largo de su estación de crecimiento usando reflectividad, Índices de vegetación,..., y en algunos sensores temperaturas.



Parámetros biofísicos de interés son derivados de dichas imágenes



# Constelación Multisensor

Series temporales de L8, Deimos, Spot 5 describen el desarrollo del cultivo

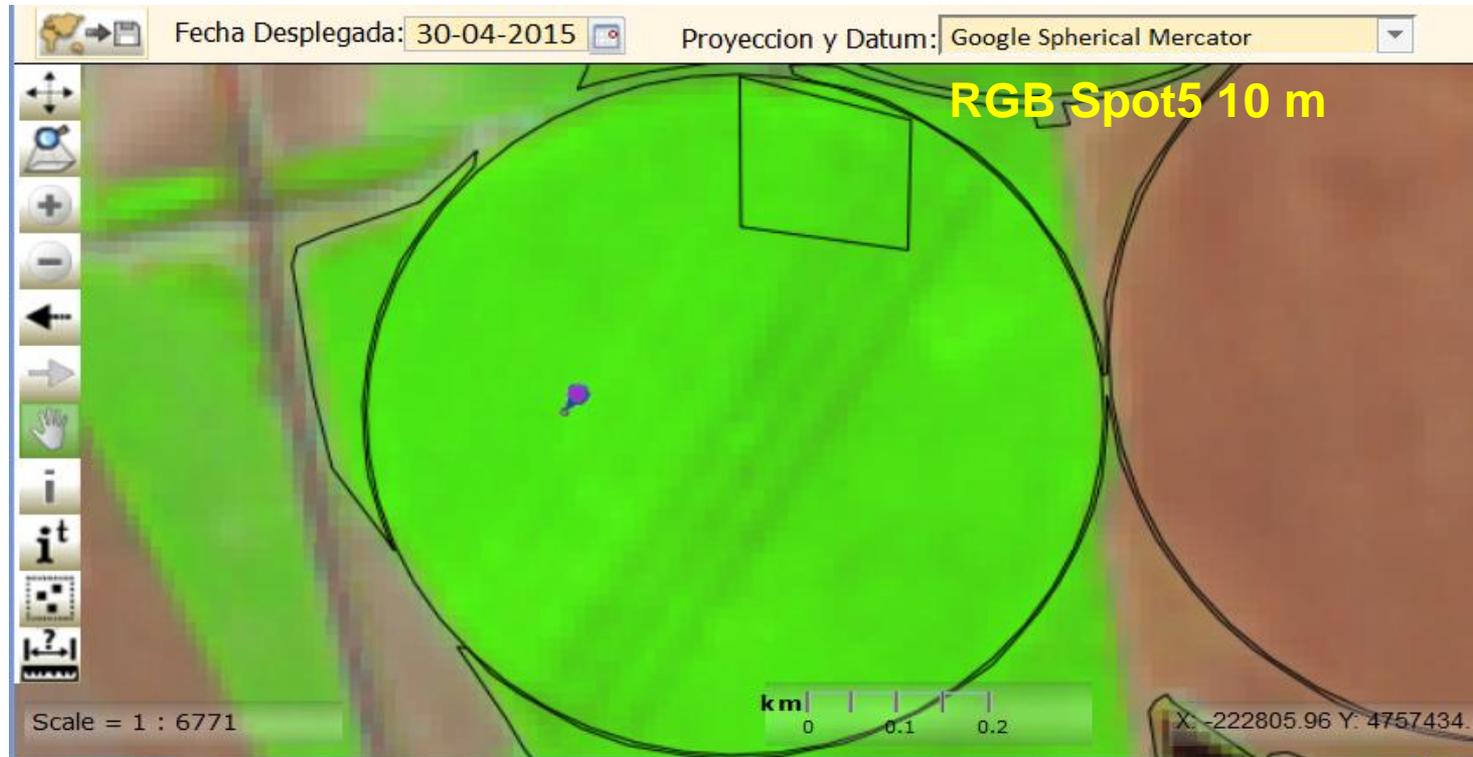
webGIS Spider



# Constelación Multisensor

Series temporales de L8, Deimos, Spot 5 describen el desarrollo del cultivo

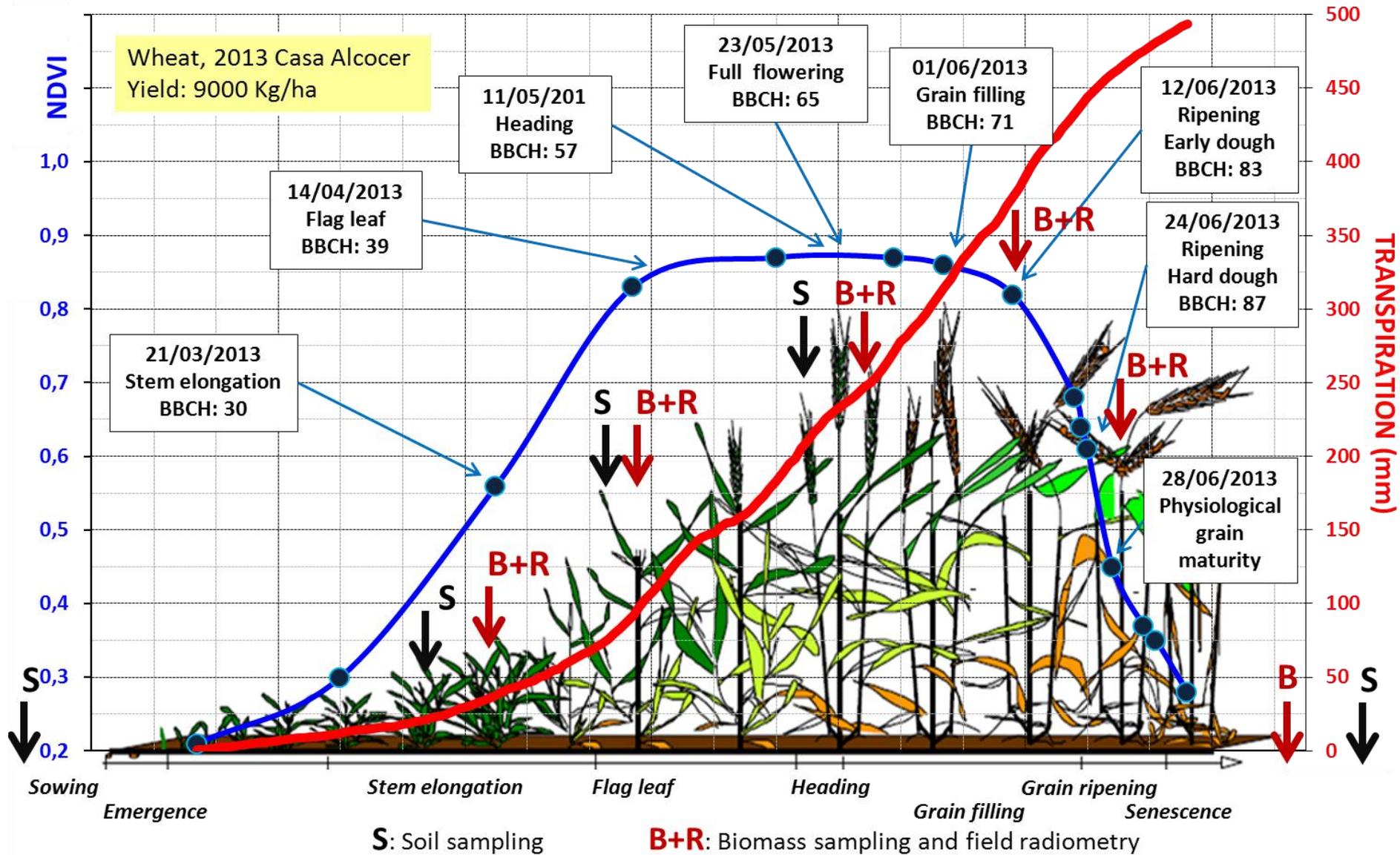
webGIS Spider



# Tipico ciclo del trigo de regadío descrito mediante NDVI.

## Transpiración potencial $\Sigma Kcb(NDVI) * ETo$ .

### Fenología según BBCH

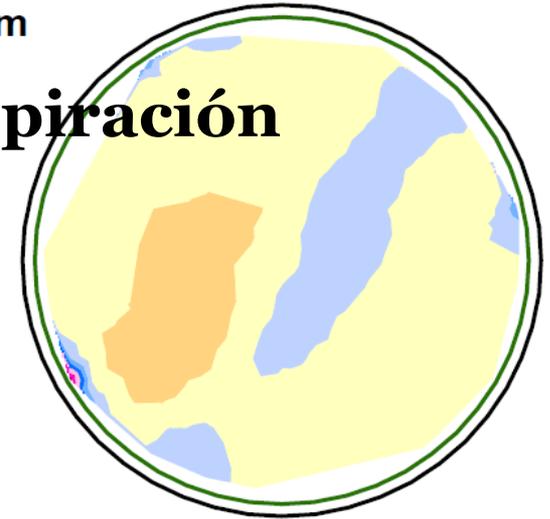
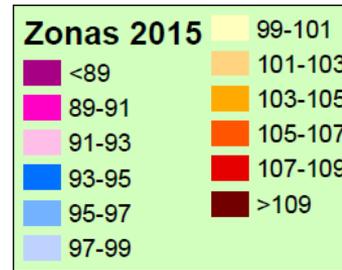
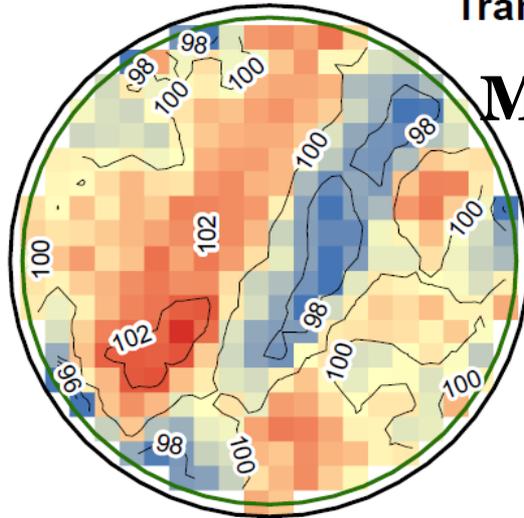


# Transpiración potencial y rendimiento

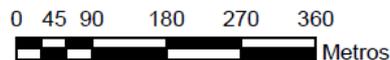
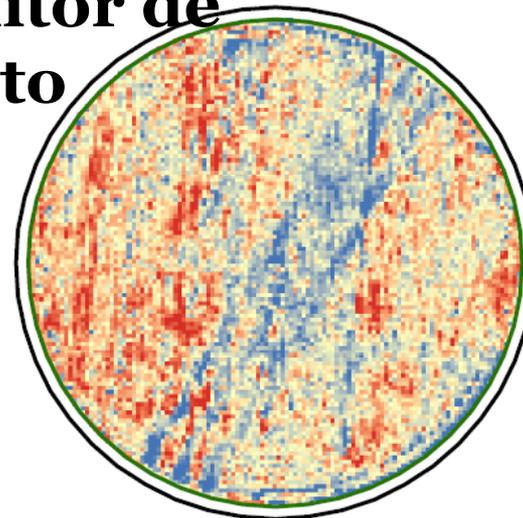
## TRIGO CASA JARA 2015 PIVOT-3

Transpiración media: 446 mm

### Mapas de Transpiración



### Mapa monitor de rendimiento

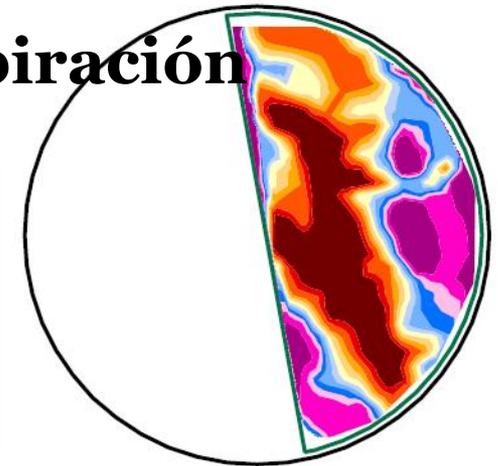
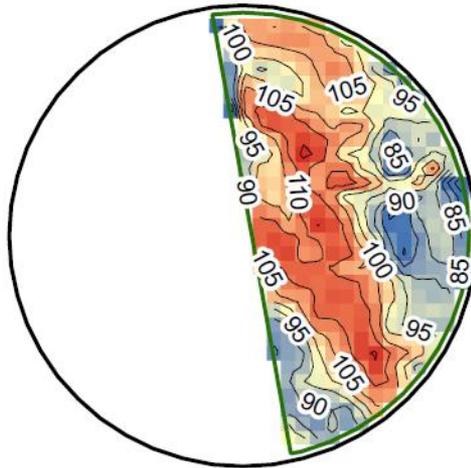


# Transpiración potencial y rendimiento

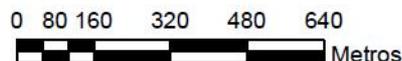
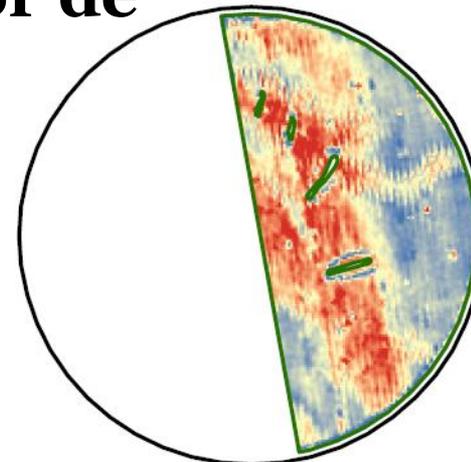
## TRIGO 2015 CASA DEL MONTE PIVOT-7

Transpiración media: 323 mm

### Mapas de Transpiración

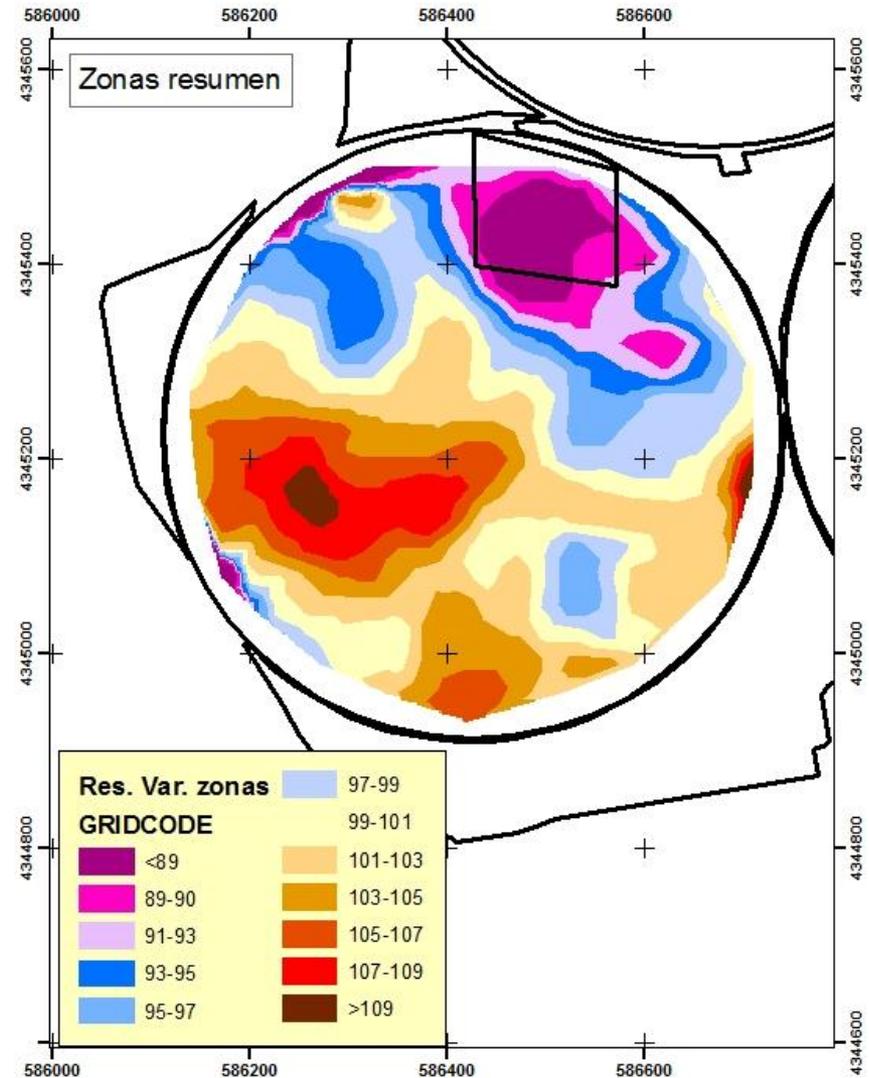
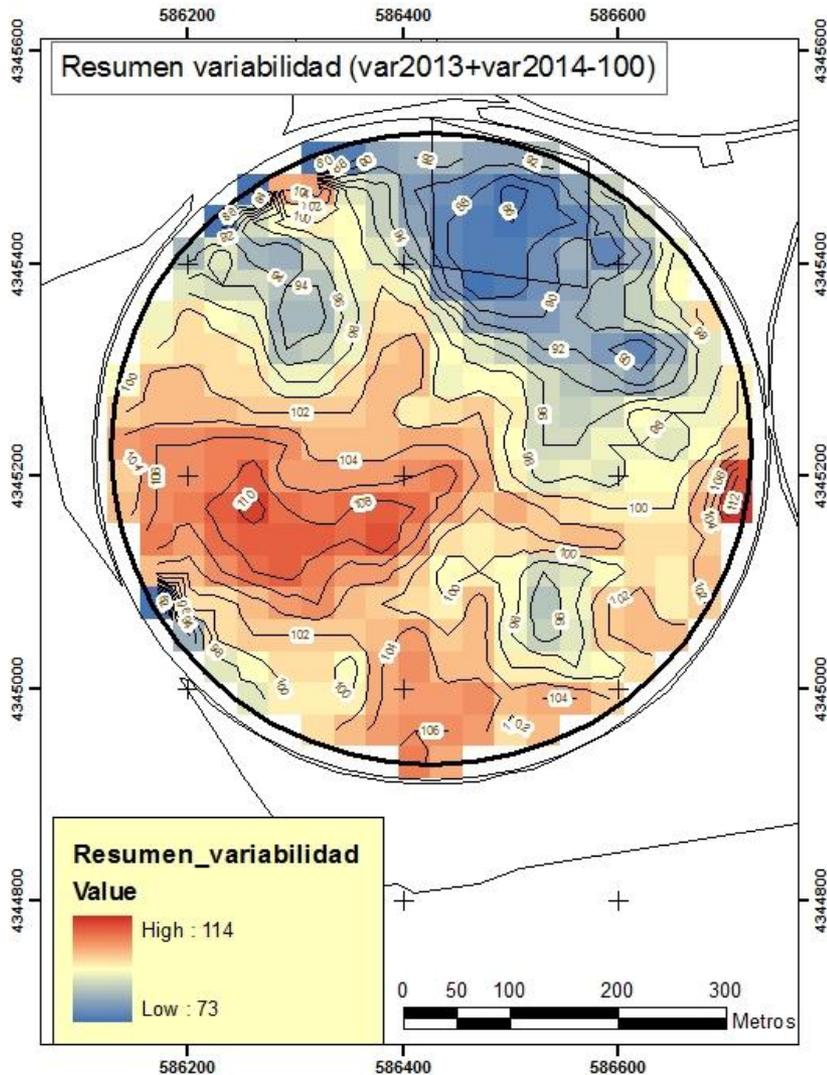


### Mapa monitor de rendimiento



# “Potencial productivo” del suelo derivado de las secuencias de imágenes

Casa Jara



# Planificar el riego para la próxima semana



Se ha de planificar el aporte de agua teniendo en cuenta:

*Necesidades de agua*

*Sistema de riego*

*Tarifas eléctricas*

*Disponibilidad del agua*

*Precipitación,*

.....

**Documento entregado**

**DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA  
Y DE RIEGO  
MEDIANTE ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y  
SERIES TEMPORALES DE IMÁGENES  
MULTIESPECTRALES**

Alfonso Calera, Isidro Campos y Jesús Garrido-Rubio  
Sección de Teledetección y SIG. Universidad de Castilla La Mancha.  
[Alfonso.Calera@uclm.es](mailto:Alfonso.Calera@uclm.es)

# NECESIDADES DE AGUA Y DE RIEGO

La utilización del coeficiente de cultivo basal espectral permite estimar directamente la transpiración máxima  $T_{\max}$  que alcanzaría una cubierta bajo una determinada demanda evaporativa de la atmósfera  $ET_o$ .

$$T_{\max} = K_{cb} ET_o$$

$$K_{cb}^* = 1.44 \cdot NDVI - 0.1$$

$K_{cb}^*$  “espectral” coeficiente de cultivo basal [0.15 – 1.15],  
NDVI calculado desde las reflectancias en superficie . [Valores típicos:  
suelo desnudo 0.12-0.16; vegetación verde muy densa 0.91]

# NECESIDADES DE AGUA Y DE RIEGO

Procedimiento general: Se integra el coeficiente de cultivo basal derivado de la reflectividad espectral directamente en FAO56.

$$ET = (K_s K_{cb} + K_e) ETo$$

$$I_r = ET - P_p$$

$$K_{cb}^* = 1.44 \cdot NDVI - 0.1$$

$K_{cb}^*$  “espectral” coeficiente de cultivo basal [0.15 – 1.15],  
NDVI calculado desde las reflectancias en superficie .  
[Valores típicos: suelo desnudo 0.12-0.16; vegetación verde muy densa 0.91]

*Especialmente apropiado:*

- *cuando la fracción de suelo desnudo es alta*
- *el sistema de riego no moja toda la superficie*
- *se desea manejar el cultivo en riego deficitario controlado*
- *el almacenamiento de agua en suelo es importante*

# NECESIDADES DE AGUA Y DE RIEGO: Aproximaciones operativas

CULTIVOS HERBÁCEOS:  
MANEJO EN AUSENCIA DE ESTRÉS  
COEFICIENTE DE CULTIVO ÚNICO  $K_c$

$$K_c^* = 1.25 \cdot NDVI + 0,1$$

$K_c^*$  “espectral” coeficiente de cultivo [0.15 – 1.2],  
NDVI calculado desde las reflectancias en superficie . [Valores típicos:  
suelo desnudo 0.12-0.16; vegetacion verde muy densa 0.91]

**Apropiado:** Cultivos herbáceos que cubren suelo en su fase de máximo desarrollo, Maíz, trigo, remolacha,...

**Aproximaciones:** se supone un manejo del riego típico para aspersión y pivot para modelar la evaporación del suelo, y no se tiene en cuenta el almacenamiento de agua en el suelo

# NECESIDADES DE AGUA Y DE RIEGO: Aproximaciones operativas

CULTIVOS HERBÁCEOS:  
MANEJO EN AUSENCIA DE ESTRÉS  
COEFICIENTE DE CULTIVO ÚNICO  $K_c$

$$Riego_{neto} = ET - P_e$$

$$ET = K_c ET_o = (1.25NDVI + 0.1)ET_o$$

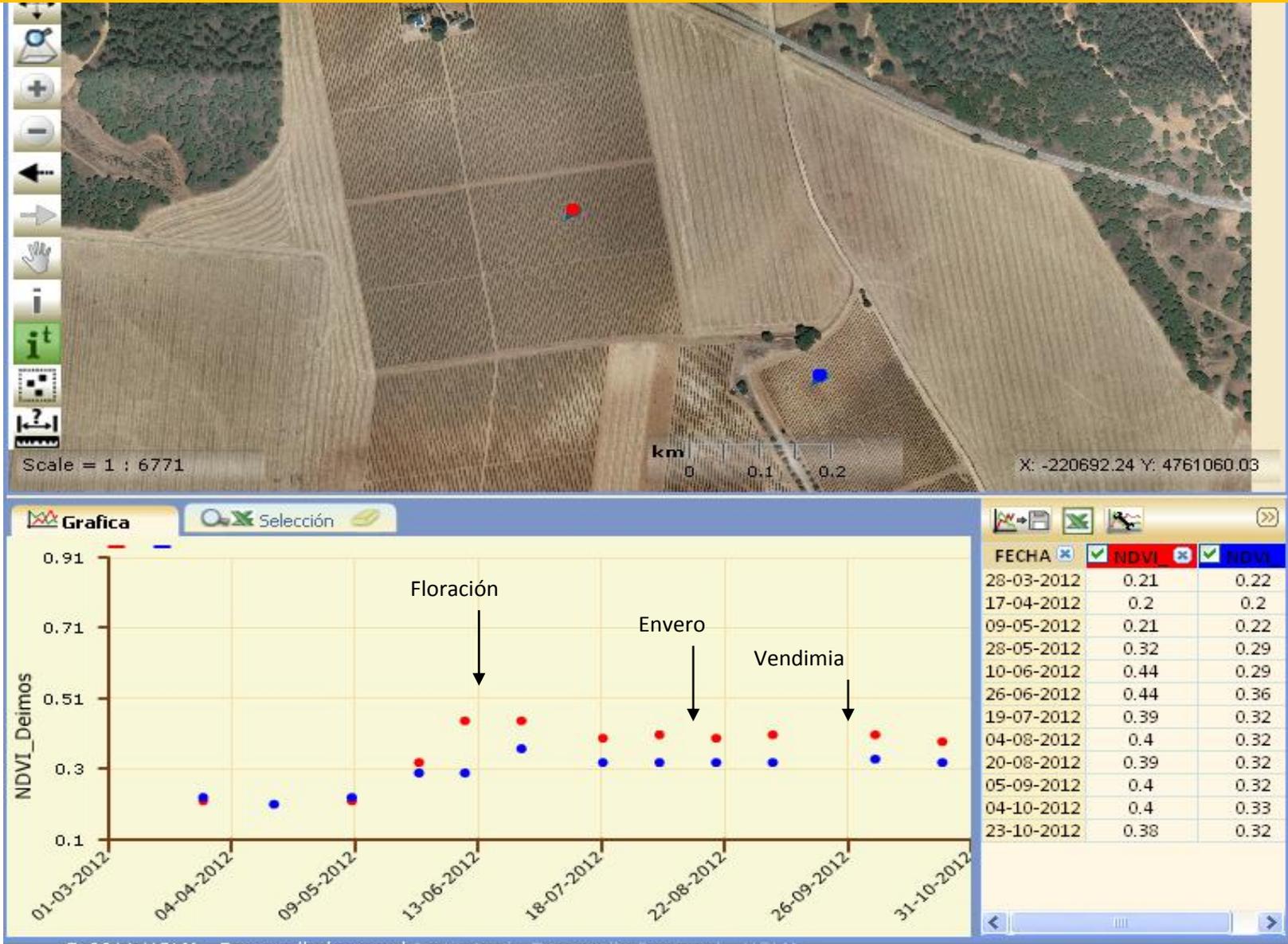
$$Riego_{dosisbruta} = \frac{Riego_{neto}}{Eficiencia_{Aplicación}}$$

## LIMITACIONES

**Fase de nascencia:** En esta fase suelen ser necesarios riegos frecuentes para garantizar nascencia e implantación, tal y como se describe en FAO56.

**Cultivos que en su fase de máximo desarrollo no alcanzan cubierta completa** como ajos, cebollas, y otros hortícolas, que además suelen requerir riegos frecuentes y cortos, dado que tienen sistemas radiculares de escasa profundidad y requieren mantener elevados contenidos de agua en el suelo explorado por las raíces,

# CULTIVOS LEÑOSOS: VIÑA



# NECESIDADES DE AGUA Y DE RIEGO: Aproximaciones operativas

- CULTIVOS LEÑOSOS: VIÑA
- MANEJO BAJO ESTRÉS
- LA IMPORTANCIA DE DETERMINAR LA TRANSPIRACIÓN MÁXIMA

$$T_{\max} = K_{cb} ET_o$$

**Aproximación operativa a la estimación de las necesidades netas de riego en viñas en riego deficitario controlado**

$$K_{cb1} = 0.4 \times 1.44 - 0.1 = 0.48$$

$$K_{cb2} = 0.32 \times 1.44 - 0.1 = 0.36,$$

Para este ejemplo asumimos un valor de  $ET_o$  promedio de 6.5 mm/día, la transpiración con un estrés del 70%,

$$T = 0,7 \times T_{\max} = 0,7 \times 0.48 \times 6.5 = 2,2 \text{ mm/día},$$

$$T = 0,7 \times T_{\max} = 0,7 \times 0.36 \times 6.5 = 1,64 \text{ mm/día}.$$

componente evaporativo  $K_e \times ET_o$

**ACCESO A IMÁGENES  
multiespectrales  
EN LA ESPAÑA  
PENINSULAR:  
PROYECTO  
SPIDER\_CENTER.**